

Acquisition de connaissances : L'approche de la psychologie cognitive illustrée par le recueil d'expertise en conception

Willemien Visser

► To cite this version:

Willemien Visser. Acquisition de connaissances : L'approche de la psychologie cognitive illustrée par le recueil d'expertise en conception. JAC'90 - la "Journée Acquisition de Connaissances", Centre National d'Etudes des Télécommunications, en collab. avec PRC-GDR IA and APAST, Apr 1990, Lannion, France. hal-00643717

HAL Id: hal-00643717

<https://hal.inria.fr/hal-00643717>

Submitted on 22 Nov 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**ACQUISITION DE CONNAISSANCES:
L'APPROCHE DE LA PSYCHOLOGIE COGNITIVE
ILLUSTREE PAR LE RECUEIL D'EXPERTISE EN CONCEPTION**

Willemien Visser*

Projet de Psychologie Ergonomique pour l'Informatique
INRIA - Rocquencourt
78153 LE CHESNAY CEDEX (France)
email: willemien.visser@inria.fr

Résumé. Le présent texte élabore un cadre conceptuel apte à discuter de méthodes de recueil de connaissances. Dans ce but, un certain nombre de distinctions et concepts en psychologie cognitive sont présentés qui permettent de caractériser les connaissances à recueillir. Il s'agit du concept "problème" (dans "résolution de problème") et des distinctions "tâche" vs. "activité", connaissances que l'on détient "hors situation" vs. connaissances que l'on utilise "en situation", problèmes "bien structurés" vs. problèmes "mal structurés" et, en lien avec la dimension "niveau de l'activité", connaissances "de surface" vs. connaissances "profondes". Dans la première partie du texte, ces distinctions et concepts-clés utilisés en psychologie cognitive sont analysés. Dans la seconde partie, on discutera de certaines méthodes de recueil de connaissances utilisées dans des activités de conception. Il s'agit de méthodes jugées intéressantes en fonction des distinctions et concepts introduits dans la première partie.

Mots-clés. acquisition de connaissances, psychologie cognitive, méthodes de recueil, résolution de problème, activité de conception, problèmes "mal structurés"

Le constructeur d'un système à base de connaissances qui cherche des méthodes pour cette étape qui est, dans la littérature, qualifiée unanimement comme le "goulot d'étranglement" ("bottleneck") dans la construction du système, a depuis quelques années l'embarras du choix. Ce texte ne dressera pas l'inventaire de ces nombreuses méthodes (cf. les références en annexe). Il présente un cadre conceptuel permettant d'en guider le choix. Les quelques méthodes qui sont présentées ne sont pas les seules qui satisfont les contraintes introduites. Elles ont été choisies parce qu'elles sont jugées intéressantes - et qu'elles conduisent à des résultats satisfaisants - en psychologie cognitive. Ce texte présente, en effet, des éléments méthodologiques que la psychologie cognitive peut apporter sur ce point et qui sont probablement moins bien connus dans le milieu informatique.

* L'auteur remercie Françoise Détienné pour ses critiques constructives d'une version précédente du texte.

Une seconde sélection parmi les méthodes a été effectuée par une focalisation sur notre domaine d'étude: les activités de conception.

Dans la première partie du texte, on introduira un certain nombre de distinctions et concepts-clés en psychologie cognitive appropriés à caractériser les connaissances d'une personne sous différents aspects. Dans la seconde partie, on discutera des méthodes en fonction du type de connaissances qu'elles permettent de recueillir.

1. Différents aspects des connaissances

Les distinctions et concepts-clés introduits dans cette partie sont pertinents pour guider le choix d'une méthode de recueil. Elles permettent en effet de caractériser les connaissances que l'on cherche à recueillir. Il s'agit de

- la distinction "tâche" vs. "activité";
- le concept "problème" dans "résolution de problème": on distinguera les problèmes "bien structurés" et "mal structurés", ces derniers constituant la classe à laquelle appartiennent les problèmes de conception;
- la distinction connaissances que l'on détient "hors activité" (ou "hors situation") - connaissances que l'on utilise "en activité" (ou "en situation");
- la dimension "niveau de l'activité", conduisant à la distinction connaissances "de surface" - connaissances "profondes".

1.1 Tâche et activité

Une distinction pertinente lors de l'étude du travail d'une personne - et donc des connaissances auxquelles elle fait appel - est celle entre "tâche" et "activité".

Tâche prescrite - Tâche effective - Activité. Le concept "tâche" renvoie, ou bien, à ce qu'un sujet est censé faire (sa tâche "prescrite", telle qu'elle lui a été spécifiée, par exemple, par la maîtrise, par des consignes ou instructions), ou bien, à la tâche qu'il se donne à lui-même et qu'il réalise effectivement (sa tâche "effective"). Il est rare que les deux coïncident.

"Activité (cognitive)" renvoie à la façon dont le sujet effectue sa tâche effective (au niveau cognitif): les connaissances et autres sources d'information auxquelles le sujet fait appel, et la façon dont elles sont utilisées; l'exploitation des (autres) aides et outils; les productions (finales et intermédiaires) de l'activité.

Conséquences méthodologiques. Toute activité a une partie observable (l'"activité manifeste") et une partie inobservable. Pour les activités traitées dans ce texte - les activités mentales¹ -, la partie inobservable est celle qui caractérise l'activité et, donc, celle que l'on cherche à connaître. Inobservable, elle est alors à inférer à partir d'observables. Dans la partie "Méthodes", on verra que, parmi les différents types d'observables utilisés en psychologie cognitive, ce sont les

¹ Si l'on adopte la distinction que fait [RICH90] entre "activités mentales" et "activités cognitives", ce sont les activités mentales qui nous intéressent ici, en particulier les activités de résolution de problème. "Les activités mentales sont une partie des activités cognitives: elles se situent au-delà du traitement des informations sensorielles, d'origine environnementale ou langagière, et précèdent la programmation motrice, l'exécution et le contrôle des mouvements, qui sont la réalisation comportementale des actions." [RICH90, p. 8]

verbalisations provoquées qui conviennent le mieux à l'étude d'activités complexes, telles que la conception.

Les observables sont à recueillir "en situation": les activités qui nous intéressent sont "finalisées", c'est-à-dire "liées à la réalisation de tâches: ... orientées par des objectifs et [reposant] sur une représentation de la situation" [RICH90, p. 7]. La méthode appropriée consiste alors à observer le sujet "en situation" (même si une première approche peut être faite par des entretiens "hors situation", dans lesquels les questions amènent l'interlocuteur à se "mettre" mentalement "en situation").

Représentation de l'activité. Il faut distinguer "la représentation (mentale) qu'une personne a de son activité" et la "représentation (externe) de l'activité 'réelle' correspondante" que peut construire un observateur tel qu'un psychologue cognitif, "armé" de méthodes telles que celles présentées dans ce texte.

Dans une étude empirique conduite sur trois concepteurs, intervenant dans des phases successives du processus de conception, [VISS87a] a montré que les deux ne coïncident pas nécessairement. Elle a effectué une confrontation entre la façon dont ces concepteurs décrivent leur activité, hors de celle-ci (avant de l'effectuer et/ou après de l'avoir effectuée), et les résultats de l'analyse des observations conduites sur ces concepteurs pendant leur activité. Chez les trois, des différences importantes ont été constatées quant à l'organisation de l'activité, c'est-à-dire son contrôle.

Pour le concepteur mécanique, cette comparaison a été effectuée de façon approfondie [VISS90a]. Comme ses collègues, ce concepteur décrit son activité comme suivant un plan structuré hiérarchiquement. Ce plan ne rend cependant pas compte de l'activité "réelle". L'activité "réelle" est organisée de façon opportuniste. L'analyse des différences a conduit à interpréter le plan comme un guide pour l'activité. Le concepteur ne suit ce guide que tant que celui-ci est profitable d'un point de vue de coût cognitif. Dès que d'autres actions que celles dictées par le plan sont plus intéressantes à cet égard, le concepteur abandonne son plan pour procéder à ces actions. [VISS90a] analyse - dans le cadre d'un modèle blackboard - quand et comment surviennent ces actions différentes de celles proposées par le plan.

1.2 Résolution de "problème": problèmes "bien structurés" et "mal structurés" (problèmes de conception)

Les études en psychologie sur l'activité de résolution de problème ont concerné presque exclusivement des problèmes qui ont été qualifiés comme étant "bien structurés" (ou "bien définis") [EAST69, SIMO73]. Des études empiriques sur des problèmes "mal structurés" - dont les problèmes de conception seraient un ("le"?) exemple - sont assez récentes et ne sont pas (encore) nombreuses [VISS90b].

S'il s'agit ici plutôt d'un continuum que d'une opposition binaire, un problème "mal structuré" a quand même des caractéristiques qui le distinguent nettement d'un problème "bien structuré".

Problème. Toute tâche est considérée constituer un "problème" pour une personne si la représentation que la personne s'en fait ne lui permet pas de récupérer en mémoire une ou des procédures toutes faites lui permettant d'atteindre son but [HOC87], donc si la solution n'est pas "simplement" à sélectionner en mémoire.

Une tâche qui constitue un problème pour une personne n'en constitue pas nécessairement un pour une autre (ou pour cette même personne quelque temps après) (cf. le concept d'"expertise", non discuté dans ce texte). C'est ainsi que l'on ne peut pas dire, indépendamment (des connaissances) d'un sujet, qu'une tâche, par exemple, une "tâche de diagnostic" ne relève pas de la "résolution de problème" parce qu'elle se fait par "simple" catégorisation - ou qu'elle en relève, parce qu'elle nécessite que le sujet construit une solution (son diagnostic) par un raisonnement basé sur ses connaissances profondes (cf. ci-dessous).

Problèmes "bien structurés" vs. "mal structurés". Pour un problème "bien structuré", le but à atteindre est "objectivement" bien défini, ce qui n'est pas le cas d'un problème "mal structuré". Pour ce type de problème, une partie - importante - de sa résolution consiste exactement dans la spécification de ce but - notamment par l'introduction de nouvelles contraintes et par la résolution de contraintes conflictuelles [DARS90].

Un problème "bien structuré" a une solution, qui en constitue "la" "bonne" solution. Un problème "mal structuré" a généralement plusieurs solutions, qui sont plus ou moins acceptables selon le poids accordé à des critères de "préférence" (toujours présents à côté de critères de "validité") [BONN89, DARS90].

Par ailleurs, la résolution d'un problème "mal structuré" ne consiste pas dans la résolution d'un problème "bien structuré" précédée d'une étape de définition, qui consisterait à transformer le problème "mal structuré" en un problème "bien structuré". La spécification du problème qui est requis dans la résolution d'un problème "mal structuré" fait partie de sa résolution et se fait de façon progressive, entrelacée avec l'élaboration d'une solution [VISS90b].

Conception. [VISS87a, VISS90a] ont proposé l'hypothèse selon laquelle le développement d'une solution pour un problème de conception procède de façon opportuniste. On a alors de bonnes raisons pour supposer que les méthodes traditionnellement utilisées pour recueillir des données sur l'utilisation des connaissances dans l'activité de résolution de problème peuvent ne pas être appropriées au recueil de certaines connaissances utilisées dans une activité de conception, notamment les connaissances utilisées par le contrôle. Une caractéristique importante d'une activité organisée de façon opportuniste est, en effet, que l'enchaînement des "pas de résolution" n'est pas dicté par une stratégie pré-établie. Au contraire, chaque pas dépend de l'état des données: états présent et passés du couple problème-solution, connaissances que détient le concepteur, informations qui lui parviennent de l'extérieur. Parmi les connaissances détenues par le concepteur, sont particulièrement importantes, dans ce contexte, les connaissances de contrôle, par exemple, les critères de sélection d'actions [VISS90a]. Pour arriver à mettre le concepteur dans une situation permettant d'étudier le rôle de ces connaissances, une situation "naturelle" (par exemple, - de travail) a beaucoup d'avantages par rapport à une situation contrôlée (par l'expérimentateur) (cf., dans le §2.4, la section "Situation 'naturelle' - Situation 'contrôlée'").

Activités composantes de la conception. Dans une tâche de conception, interviennent - comme dans toute tâche de résolution de problème - différents types d'activités en tant que composantes de l'activité globale: par exemple, catégorisation, compréhension et évaluation. Seulement la première fera l'objet d'une discussion, parce qu'elle mérite un commentaire.

Catégorisation. L'activité de catégorisation joue un rôle plus ou moins important dans toute tâche qualifiée de "résolution de problème". Pour que cette qualification soit appropriée, il faut que la tâche demande d'autres activités que la catégorisation: un système - humain ou artificiel - qui

résout son "problème" uniquement par une activité de classification, ne procède pas à ce qui est considéré - en psychologie cognitive - comme une activité de "résolution de problème". Comme exposé plus haut, une tâche qui peut être effectuée en récupérant une "solution" disponible telle quelle en mémoire, ne constitue pas un "problème" pour ce sujet.

Catégorisation dans une tâche de conception. La conception semble se trouver, à premier abord, vers l'extrémité "basse" de la dimension "importance de la classification dans l'activité globale": est-ce que la conception ne consiste pas, par définition, non pas à récupérer une solution pré-existante en mémoire, mais à en "concevoir" une nouvelle? Pourtant, la ré-utilisation de solutions, que les chercheurs en I.A. proposent et que des études empiriques sur des tâches de conception ont révélées [DETI90, VISS90b], pointe vers une activité de catégorisation comme composante de l'activité globale de conception. Il peut cependant être pertinent de distinguer les "regroupements de cas" (que les "classes" de solutions pourraient plutôt être) des "catégories" étudiées dans les études psychologiques "classiques" [DEJO89, VOSN89].

1.3 Connaissances que l'on détient et utilisation de ses connaissances

Des données sur les connaissances qu'une personne détient, c'est-à-dire les connaissances dont elle peut disposer, ne renseignent pas nécessairement sur l'utilisation effective par cette personne de (certaines de) ses connaissances en situation, c'est-à-dire dans le contexte d'une tâche spécifique. La psychologie cognitive s'intéresse aux connaissances au moins autant sous le premier angle (la structure interne et l'organisation des connaissances) que sous le second (les processus faisant appel aux connaissances, les stratégies, le contrôle).

La distinction introduite ne coïncide pas avec l'opposition faite couramment entre "connaissances déclaratives" et "connaissances procédurales", qui peut d'ailleurs renvoyer à différents types d'oppositions. Dans l'acception qui nous intéresse ici, "procédural" renvoie à des connaissances utilisables; pour rendre compte de l'utilisation effective des connaissances, il faut disposer également de données sur le contrôle. Pour avoir "accès" à des connaissances de contrôle, il faut étudier l'activité "en situation".

Parmi les méthodes de recueil, la plupart visent - souvent pas explicitement, mais implicitement et dans les faits - le premier type de connaissances, celles dont une personne dispose, hors de leur contexte d'utilisation. Beaucoup moins se prêtent au recueil de données sur l'utilisation effective des connaissances. Parmi ces méthodes, les principales constituent la classe de méthodes d'"Observation en situation".

1.4 Niveau de l'activité

A l'intérieur de l'activité globale d'un sujet, on peut distinguer différents niveaux selon qu'une situation - composant de la tâche-situation globale - constitue un "problème" ou non pour le sujet (cf. plus haut). On distingue alors deux types d'activités: celles qui sont fondées sur des règles et procédures existantes en mémoire et des activités de "résolution de problème". Les premières sont mises en oeuvre face à des situations qui sont bien connues du sujet, qui ne présentent pas de problème pour lui; les secondes, lorsque le sujet se trouve confronté à une nouvelle situation, ou à un aspect de la situation, qui lui pose problème. Dans ce dernier cas, il doit élaborer une réponse nouvelle à partir, d'une part, d'une analyse de la situation et, d'autre part, des connaissances

générales qu'il possède [RASM83, ou, pour une bonne présentation et élaboration en français des idées de cet auteur, BISS86].

Deux types de connaissances correspondent à ces deux niveaux de l'activité: des connaissances de surface (cf. connaissances "compilées" [ANDE86]) et des connaissances "profondes" [CHAN83] (cf. "modèles mentaux", "modèles qualitatifs" [GENT83]; connaissances "de soutien" [BREU87]).

On trouve, dans la littérature concernant l'acquisition de connaissances, des conclusions - "même" de la part de psychologues - comme "Même l'expert utilise peut-être rarement des connaissances de soutien dans la résolution de problèmes typiques" [BREU87, p. 18]. Un rappel du concept "problème" tel que nous l'avons défini dans ce texte permet d'éclaircir ce point.

Ce n'est pas son niveau d'"expertise" qui détermine si une personne aura recours à des connaissances profondes - c'est l'état "problématique" de la situation pour la personne. Si une personne dispose de connaissances compilées (sous forme de règles, heuristiques [CLAN85] ou procédures toutes faites) qui lui permettent de récupérer en mémoire une réponse à la situation à laquelle elle est confrontée, elle n'a bien sûr aucune raison de faire appel à des connaissances profondes qu'elle peut posséder par ailleurs. Confrontée cependant à une situation pour laquelle elle ne dispose pas de ces heuristiques ou autres connaissances compilées, elle devra bien procéder à une activité de "résolution de problème", c'est-à-dire construire une solution à partir de connaissances, au moins en partie, profondes.

2. Méthodes

On discute, dans cette partie, de méthodes (et techniques) selon les distinctions introduites ci-dessus. Elles ne seront pas décrites avec tout le détail requis pour pouvoir les appliquer (des références sont fournies dans ce but). C'est la méthode d'"Observation en situation" qui sera présentée le plus en détail. C'est en effet la méthode qui se prête le mieux au recueil des données sur l'activité d'une personne - sur ses connaissances et leur utilisation.

Etant donné que la majeure partie de l'activité mentale est inobservable, l'observateur provoquera, en général, une verbalisation de la part du sujet observé.

Avant de procéder cependant à des observations, il est utile - et probablement même nécessaire pour pouvoir mener ces observations de façon "armée" - de connaître le domaine de la tâche, les grandes lignes de l'activité, par exemple, à travers la représentation que le sujet s'en fait. Cette première approche peut être faite par des Entretiens. Par ailleurs, des tâches expérimentales ponctuelles comme la "Catégorisation provoquée" et la "Distribution de l'information à la demande" permettent de recueillir des données sur des composantes ou étapes de l'activité.

Pour avoir accès aux connaissances profondes, une méthode intéressante est la "Justification provoquée de décisions et/ou de choix".

2.1 Entretiens semi-dirigés autour des questions "Pourquoi -?" et "Comment -?"

Cette méthode pour accéder à la représentation qu'un sujet se fait de sa tâche (effective) a été développée par [GRAE78]. Elle est basée sur le questionnement systématique, semi-dirigé du sujet. Elle fait appel, principalement, à deux types de questions: des questions ayant le format "Pourquoi ...?", permettant d'accéder aux buts superordonnés des actions, et des questions ayant le format "Comment ...?", permettant d'accéder aux procédures utilisées pour atteindre ces buts.

Sebillotte [SEBI87, SEBI88] a utilisé cette méthode pour l'étude de nombreuses tâches dans différents domaines (tâches administratives et conception de scénarios interactifs). L'auteur insiste sur le fait que "ce que l'on obtient ... est la "rationalisation" *a posteriori* , par le concepteur, de son activité ...; [ce que], par exemple, il pourrait enseigner, ou conseiller à un collègue qui se lancerait dans son premier scénario interactif" [SEBI87, p. 321].

Par ce biais, cette méthode permet une première approche d'une activité globale: à travers la représentation que la personne a de sa tâche, on recueille des données sur le domaine de la tâche et les grandes lignes de l'activité. C'est ainsi qu'elle nous a été utile dans les premières étapes d'études d'activités dans des domaines nouveaux, telles que la programmation d'automates programmables [VISS85, VISS87b], la conception d'installations de machines-outils automatisées [VISS87a, pour une vue d'ensemble; VISS90a, pour la spécification fonctionnelle par un professionnel, MORA87, pour la spécification fonctionnelle par des élèves-automaticiens; VISS87b, pour la conception des programmes de commande], la conception de structures composites [VISS89b] ou la "préparation" de ces structures² [VISS88b].

2.2 Catégorisation provoquée

Les catégories (ou regroupements de cas) utilisées pendant l'activité ne sont pas toujours observables, même pas par l'intermédiaire de verbalisations provoquées.

Pour connaître leur structure et leurs instances, on peut utiliser plusieurs tâches expérimentales. Dans la première approche d'un domaine, on aura plutôt recours à l'entretien; dès que l'on dispose d'instances, on peut demander à des sujets de les classer et d'explicitier leurs attributs. Une technique d'élicitation de catégories, leur organisation et leurs attributs, qui est assez connue dans le milieu informatique est la technique des "repertory grids" [SHAW87].³

2.3 Distribution de l'information à la demande

Cette technique est surtout intéressante pour étudier la ou les premières étapes dans une tâche de résolution de problème où l'appel à des sources d'information externes est important.

Elle consiste à ne présenter au sujet que l'énoncé du problème à résoudre, et de lui dire que toute l'information dont il a ensuite besoin sera à obtenir par le biais de questions à l'expérimentateur. Il faut donc que ce dernier dispose déjà de cette information. Il peut l'avoir obtenue, par exemple, dans des entretiens conduits antérieurement avec d'autres sujets.

La technique permet alors d'obtenir des renseignements sur l'utilisation de cette information, tels que l'ordre dans lequel les différents éléments d'information sont utilisés ou - par le biais de la fréquence avec laquelle ils sont demandés - leur importance relative. Bissereet [BISS75], qui présente comme "auteur" de cette technique Rimoldi [RIMO63], signale qu'un risque attaché à la technique est de "transformer en raisonnement séquentiel des parties du travail qui relèveraient en fait de reconnaissance globale de patterns" (p. 7).

² La composante "conception" dans la préparation de structures composites consiste dans la définition des procédures à utiliser pour réaliser un nouveau produit dans ce type de matériau.

³ Il s'agit d'une technique développée en psychologie de la personnalité [KELL55].

Ce risque est bien moindre lorsque l'utilisation d'information est étudiée "en situation". La classe de méthodes qui va être présentée - et qui constitue le centre de cette partie "Méthodes" - permet une telle approche.

2.4 Observation en situation

Comme expliqué dans la première partie, la méthode permettant de recueillir des données pertinentes sur les connaissances qu'un sujet utilise dans son activité et sur leur utilisation, consiste à observer le sujet "en situation". Deux approches sont distinguées. Dans la première, le sujet est observé dans une situation "naturelle", généralement sa situation de travail. Dans la seconde, on observe le sujet dans une situation que l'on a créée pour pouvoir "contrôler" un certain nombre de variables dont on suppose - ou connaît - la pertinence pour l'activité que l'on cherche à étudier.

L'observation se fait de façon "armée": l'observateur a un cadre théorique (modèle hypothétique) et est guidé par des questions bien précises (cf. ci-dessous).

Pour des activités mentales, les seuls observables sont généralement des productions (intermédiaires ou finales) de l'activité. Appliquée à ces activités, la méthode est, en général, combinée avec la verbalisation provoquée (technique présentée ci-dessous).

Situation "naturelle" - Situation "contrôlée". La méthode "scientifique" procède en contrôlant des variables indépendantes, pour s'intéresser à l'effet de leur manipulation sur des variables dépendantes. S'imposerait donc l'observation en "situation contrôlée", où l'activité est étudiée en fonction d'un certain nombre de facteurs connus. C'est là cependant que réside le premier obstacle à l'utilisation effective de cette approche "idéale": pour les activités qui nous intéressent, notamment la conception, les facteurs pertinents ne sont pas (encore) tous connus. Par ailleurs, une objection que l'on peut faire à l'observation en situation contrôlée est que les données qu'elle permet de recueillir risquent de ne pas traduire l'activité "réelle", c'est-à-dire finalisée par une tâche, et mise en oeuvre dans une situation dans lesquels les facteurs pertinents sont présents. On ne peut contrôler - et étudier - dans une même situation qu'un nombre limité de facteurs. Pour contrôler ces facteurs, on aura donc à faire abstraction d'autres facteurs - de sorte que l'influence de ces derniers ne peut alors être évaluée et que l'image que l'on construit de l'activité est partielle. Le principal risque est cependant d'obtenir une fausse image du rôle des facteurs que l'on contrôle - et, par conséquent, de l'activité. Ce risque est réel si les facteurs sur lesquels on a choisi de se focaliser interagissent - dans l'activité réelle - avec des facteurs éliminés dans la situation contrôlée.

Ce risque n'existe pas quand on fait des observations en situation "naturelle". En contrepartie, dans une telle situation - en général complexe - on risque de ne pas pouvoir évaluer le rôle de chacun des différents facteurs, ceci du fait des problèmes que l'on vient d'énoncer: ces facteurs sont souvent nombreux et exercent leur influence en interaction.

C'est donc en faisant le bilan des avantages et désavantages attachés à chacune des deux formes de la méthode, qu'un choix se fera. Pour les activités qui nous intéressent ici, on peut commencer l'étude par l'observation en situation naturelle, pour procéder, dans une étape ultérieure, à des études contrôlées de certains facteurs que l'on a identifiés, dans la première étape, comme étant pertinents.

2.4.1 Recueil et analyse des données

Les procédures méthodologiques sont identiques dans les deux situations. En pratique, le recueil et l'analyse sont plus compliqués en situation naturelle, pour les raisons indiquées ci-dessus liées au nombre des facteurs - et aux relations qu'ils entretiennent. Dans une situation de travail, il y a aura, par exemple, beaucoup plus de sources d'information externes (documents et collègues).

Dans une situation "naturelle" de conception, les spécifications données au départ seront encore complétées - et souvent modifiées - de source externe⁴.

La méthode sera décrite ici, dans ses grandes lignes, à partir de quelques études empiriques que nous avons conduites en situation de travail de conception. Pour des éléments généraux sur la méthode, le recueil et l'analyse des données, cf. [ERIC84, NEWE72]. Nous présenterons ensuite quelques exemples intéressants d'études conduites dans des situations contrôlées.

Dans le cadre d'une étude longitudinale, trois études ont été conduites sur un projet de conception d'une installation de machine-outil automatisée (usinage de bielles). Trois opérateurs qui, sur ce projet, étaient censés intervenir dans des phases consécutives ont été observés pendant, au total, 12 semaines (en réalité, leurs interventions avaient des recouvrements entre elles, ce qui était, en partie, dû au fait que des actions en aval conduisent à des modifications de décision prises en amont [VISS87a]). Les trois "phases" étudiées étaient les suivantes:

- conception, par un mécanicien, d'une représentation fonctionnelle de la partie opérative de l'installation. Le schéma produit constitue le principal document de spécification pour la conception du programme de commande de l'installation [VISS90a];

- conception de ce programme par un électricien-automaticien [VISS87b];

- mise au point du programme par un autre électricien-automaticien [VISS88a].

Recueil de données. On a demandé aux opérateurs de procéder "comme d'habitude", à cette nuance près: ils étaient priés d'énoncer, à haute voix, toutes les pensées qui leur traversaient la tête (cf. Verbalisation provoquée). Pendant les premières heures, des opérateurs n'arrivent parfois pas à procéder "comme d'habitude"; ensuite la présence de l'observateur est, en général, oubliée.

L'utilisation de la Verbalisation provoquée sous-entend, en général, que l'on enregistre les verbalisations, pour ensuite les transcrire. Etant donné que la transcription et l'analyse de 12 semaines de verbalisations n'auraient pas été possibles pour des raisons de temps, on a procédé à la prise de notes - c'est-à-dire que dès le départ une sélection a été apportée dans les données recueillies.

Faisaient objet de ces notes

- ce que le sujet disait au sujet de

- ses prises d'information externe (ordre, focus, sources d'information: documents, collègues, ses propres productions)

- l'appel à ses connaissances (nature, conditions de déclenchement)

- l'analyse de ces deux types d'information (questions, hypothèses, inférences, conclusions)

- les produits (écrits, verbaux et figuratifs/schématiques) de ses actions, en faisant attention

notamment à

- l'ordre de leur construction

- les modifications apportées

- les événements que nous concevions comme des indicateurs de rencontre de difficultés par le

sujet: - interruptions

- reprises d'éléments déjà traités

- écriture de brouillons et construction de schéma intermédiaires.

⁴ Le fait que le concepteur aura lui-même également à compléter et - éventuellement - modifier les spécifications caractérise toute conception et ne devrait pas distinguer les deux situations.

A côté des notes, ont été recueillies les traces (intermédiaires et finales) de l'activité: les différents brouillons et versions des productions (schémas fonctionnels, programmes) et les schémas et croquis que les sujets construisaient comme aide à leur analyse, vérification ou simulation.

Analyse des données. La majeure partie de l'analyse des données est qualitative, à la recherche notamment des connaissances utilisées et des stratégies de leur utilisation.

Analyse qualitative. Les notes sont analysées dans leur ordre chronologique, en utilisant, comme points d'appui, les traces recueillies. Les difficultés rencontrées par les sujets et la façon dont ils les résolvent ont été analysées également (à partir des indicateurs cités ci-dessus), mais l'analyse présentée ici est centrée sur l'utilisation des connaissances:

- quand l'opérateur fait référence aux connaissances qu'il utilise, celles-ci sont relevées avec leurs conditions de déclenchement, le contexte d'utilisation et la façon dont l'opérateur s'y réfère;
- quant aux stratégies, l'analyse est focalisée sur la façon dont l'opérateur résout les problèmes de (a) l'analyse des spécifications du problème et (b) l'organisation locale de son activité de construction de schéma fonctionnel/programme. Pour ce faire, les notes sont examinées à la recherche des réponses à des questions comme "Quelles sources d'information utilise-t-il et comment?", "Comment organise-t-il les éléments d'information dans le schéma fonctionnel/ programme?";
- l'organisation globale de l'activité de l'opérateur est étudiée à partir de l'ordre dans lequel il travaille, des découpages qu'il apporte dans son analyse du problème et la construction du document qu'il a à construire, des récurrences dans ses actions, des énoncés faisant preuve de planification et la façon dont il réalise ou non ensuite celle-ci.

Comme décrit brièvement ci-dessus (cf., dans le §1.1, la section "Représentation de l'activité"), l'organisation effective de l'activité a, en outre, été confrontée avec la description que chaque opérateur avait donnée de son activité. Pour le concepteur mécanique, cette comparaison a été effectuée de façon approfondie. L'analyse qualitative a décelé, d'une part, des processus conduisant à la proposition d'autres actions que celles suggérées par le plan et, d'autre part, des critères que le contrôle utilise pour choisir entre les différentes actions (celles proposées par le plan et les autres).

Analyse quantitative. Avant de procéder à l'analyse qualitative, une analyse quantitative a été conduite pour connaître le degré de déviation du plan aux différents niveaux de l'activité, les composants de conception les plus concernés par les déviations et leurs différentes configurations [VISS90a].

2.4.2 Verbalisation provoquée

Provoquer des verbalisations de la part d'une personne est appelé, en psychologie, un paradigme de "pistage de processus". Il s'agit d'une technique permettant d'obtenir des données sur des activités mentales qui normalement ne donnent pas lieu à des observables autres que leurs productions (intermédiaires et finales). Plutôt que de "susciter des observables pour les seuls motifs de la recherche, telles les *verbalisations provoquées*" [CAVE88a, p. 254], on peut "objectiver des phénomènes existant naturellement en concomitance à l'exécution des tâches, tels les mouvements oculaires ... ou les temps de traitement" (ibid.). Ces deux dernières techniques ne sont cependant pas appropriées à l'étude de la résolution de problèmes "réels", notamment parce qu'elles s'appliquent à des unités (ici des processus) de structure très simple qui interviennent, sans aucun doute, dans toute résolution de problème, mais que l'on ne peut généralement isoler dans un contexte "naturel" (cf., la partie "Méthodes d'observation" dans [CAVE88b]).

Verbalisation simultanée. En termes généraux, le type de verbalisation le plus valide est la verbalisation "simultanée", celle qui est concomitante à l'exécution de la tâche [CAVE89, ERIC84, EVAN88]. Cette conclusion générale est cependant à nuancer. A côté des précautions méthodologiques à prendre, il existe des réserves quant au type d'activité que l'on cherche à étudier et quant aux types de composantes de l'activité sur lesquelles on cherche à obtenir des données.

Premièrement, la technique n'est pas appropriée lorsque l'exécution des procédures auxquelles fait appel l'activité n'est pas gérée dans le code verbal dans les conditions "naturelles" de la tâche (hors de toute demande de verbalisation). Dans des tâches faisant - au moins en partie - appel à des données non verbales, celles-ci seront ou bien traitées plus lentement, ou bien même soumises à des modifications, tout ceci du fait de l'encodage verbal qui est demandé. Ainsi des tâches principalement motrices ne se prêtent pas à cette méthode.

Quant au deuxième point, les processus de traitement ne sont pas accessibles directement. Ce qui est accessible directement, ce sont les données (informations⁵ ou connaissances⁶) qui transitent dans la mémoire à court terme (MCT) pendant la mise en oeuvre des processus, c'est-à-dire les données sur lesquelles le sujet focalise son attention (données sur lesquelles porte le processus ou auxquels celui-ci fait appel). Les processus sont à inférer à partir d'elles. Les processus automatiques et les données qu'ils utilisent sont donc difficiles à saisir, car celles-ci ne passent pas par la MCT.

Consigne. On demande au sujet d'*énoncer à haute voix toutes ses pensées* - pour autant qu'elles concernent son travail. On explique au sujet qu'il ne s'agit pas de *commenter*, ou d'*expliquer*, son travail - il ne doit donc pas considérer sa verbalisation comme destinée à l'expérimentateur, mais comme des "pensées à haute voix" pour lui-même.

Verbalisation consécutive assistée par la trace de l'exécution. Il s'agit d'une variante de la verbalisation qui peut s'avérer intéressante pour l'étude de tâches dont on peut supposer que les traces permettent de "remettre" le sujet "en situation".

Hoc et Leplat [HOC84, HOC83] l'ont utilisée, en situation contrôlée, pour une tâche de sériation opérée sur un dispositif informatique, en demandant au sujet de "se rappeler ce qu'il a pu se dire" à lui-même pendant l'exécution de sa tâche, et ceci pendant que l'on "[fait parcourir au sujet] pas à pas l'enregistrement de son comportement" [HOC84, p. 233]. Les auteurs ont obtenu, pour la tâche en question, "des contenus très similaires à ceux que produisent une consigne de verbalisation simultanée de type 'penser tout haut'" (ibid.).

Dans cette étude, l'"enregistrement du comportement" du sujet qu'on lui soumet après coup consiste dans des traces non-verbales de son activité. Falzon [FALZ87] et Cahour [CAHO88] ont utilisé la technique pour l'étude d'une activité dont les traces sont verbales, non pas parce que l'expérimentateur avait demandé au sujet de procéder à une verbalisation simultanée, mais parce l'activité prenait appui sur des dialogues. Il s'agit d'une tâche de télédiagnostic, où une conversation téléphonique de consultation entre un client et un ingénieur permet à ce dernier de faire le diagnostic des problèmes que le premier lui soumet. Les deux auteurs étudient comment une personne (ici un ingénieur en automatique) se fait un "modèle" de son interlocuteur et soutiennent que ce modèle est basé sur une évaluation des connaissances de l'interlocuteur.

⁵ Sous-entendu, - de source externe.

⁶ Sous-entendu, - provenant de la mémoire à long terme (MLT).

Dans [FALZ87], c'est quelques deux mois après les conversations - et non pas immédiatement après l'exécution de la tâche, comme dans [HOC83] -, que l'ingénieur est prié de lire, en présence de l'expérimentateur, la transcription des dialogues de diagnostic auxquels il avait participé. On lui demande de "dire à haute voix ses réflexions à propos du problème rencontré au fur et à mesure de sa lecture. La lecture [s'effectue] ligne par ligne, l'ingénieur démasquant lui-même le texte. L'expérimentateur [demande] plus d'explication lorsque cela [s'avère] nécessaire." (p. 3)

[CAHO88] a repris ces dialogues, en demandant la verbalisation après un intervalle encore plus long, à savoir un an. Ceci dans le but de faire en sorte que, pour procéder à son évaluation, l'expert ne puisse pas prendre appui sur "l'idée globale [qu'il aurait] encore en mémoire ... de la compétence du client" (p. 3), mais qu'il soit amené à (re)construire son évaluation à partir des éléments du dialogue.

2.4.3 Quelques études conduites en situation contrôlée avec verbalisation

Contrairement aux études s'appuyant sur des observations en situation naturelle de travail, le nombre d'études en situation contrôlée est considérable. Celles qui sont présentées ici sont les premières conduites en France - à notre connaissance -, quelques études récentes sur la conception et sur une activité-composante de l'activité de conception, à savoir la compréhension.

Résolution d'un problème "bien structuré". Parmi les premières applications de la méthode d'observation en situation, en France dans les années '60, se trouvent les études conduites sur l'activité des contrôleurs de la navigation aérienne [LEPL65]. Après des observations en situation de travail, des entretiens et d'autres "premières approches", Leplat et Bisseret - s'inspirant, d'une part, de Claparède [CLAP34] (pour l'utilisation de la verbalisation) et, d'autre part, de Newell et Simon [NEWE63]⁷ (pour l'approche de "simulation") - ont utilisé une méthode d'observation en situation contrôlée, qu'ils ont appelée "Simulation statique".

La méthode est applicable à des activités pour lesquelles on dispose déjà de l'ensemble - ou, en tout cas, de la majorité - des classes de situations-problème avec, pour chacune, un certain nombre d'instances (classes et instances peuvent avoir été obtenues par les méthodes précitées). On soumet à des sujets des échantillons représentatifs des différentes situations, en leur demandant des verbalisations pendant leur activité de résolution. [BISS75] donne une présentation claire et succincte de la méthode, ainsi que d'autres méthodes utilisées pour étudier l'activité de contrôle.

Conception: étude de l'activité. Utilisée presque exclusivement pour l'étude de la résolution de problèmes "bien structurés" (l'objet traditionnel des études de résolution de problème), la méthode a été appliquée récemment à des activités de conception.

[BISS88] a étudié la conception de systèmes de régulation de carrefours à feux. Ce qui fait que la méthode a pu être utilisée dans ce domaine de conception, est notamment que les tâches s'y réalisent dans des temps de l'ordre d'une heure, et de façon individuelle. Ceci distingue ces tâches de conception de beaucoup d'autres, telle que, par exemple, la conception dans le domaine des installations de machines-outils automatisées ou celui des structures composites qui s'étendent sur des mois et se font en équipe.

Détienne [DETI90] a étudié la conception de programmes avec un système de programmation orientée-objet. Elle a utilisé deux problèmes, choisis pour leurs caractéristiques déclarative (l'un) ou

⁷ Plus tard, les psychologues feront plutôt référence au livre de 1972 [NEWE72].

procédurale (l'autre), pour étudier ainsi les difficultés dues à (l'interaction) de facteurs comme " type de problème" et "expérience avec un paradigme orienté-objet".

Conception: étude de la représentation du problème. Une approche intéressante pour recueillir des données sur la représentation qu'un concepteur se fait du problème qu'il est en train de résoudre a été utilisée récemment par Bonnardel (rapport en préparation). Elle a "mis en situation" des concepteurs en "simulant" le transfert de consigne du concepteur chargé d'un projet à un collègue sensé prendre la relève. Comparant la transmission à un concepteur novice et à un concepteur expert, elle a pu dégager un certain nombre de dimensions de la représentation du couple problème-solution en état de résolution, jugées pertinentes pour un novice ou un expert - dans la représentation que le transmetteur se fait de son interlocuteur.

Compréhension. Des activités de compréhension interviennent dans la plupart des tâches de résolution de problème et y jouent, selon le type de tâche, un rôle plus ou moins important. Ainsi, elles interviennent, dans tous les domaines de conception, pour l'analyse des spécifications, et, en conception de logiciel, par exemple, aussi dans les phases de test (et de maintenance) - notamment si les différentes phases sont assurées par différentes personnes - ce qui est fréquent.

Détienne [DETI84] a examiné la compréhension de programmes dans le contexte d'une tâche de "debugging". Les sujets étaient priés de verbaliser en pointant leur stylo sur chaque instruction lue - ceci pour que l'expérimentateur puisse établir un lien entre les actions observées (par exemple, formulation d'hypothèse, simulation, diagnostic) et les éléments du programme qui y ont donné lieu.

Dans une autre étude [DETI88] a appliqué à l'étude de la compréhension de programmes un paradigme provenant des études sur la compréhension de textes "narratifs". Elle a fait lire, à des chercheurs en informatique, un programme. "Les sujets prenaient connaissance [du] programme, instruction par instruction. A chaque instruction nouvellement présentée, le sujet devait expliciter quelle information nouvelle était apportée et quelles hypothèses il pouvait élaborer sur le reste du programme" (ibid., p. 338). Par ce biais, l'auteur a identifié un certain nombre d'unités de connaissance utilisées pour comprendre un programme (de gestion en Pascal).

En "imposant" aux sujets d'expliciter l'information qu'ils cherchent à obtenir en découvrant une instruction, cette technique pourrait être rapprochée de celle de "Distribution de l'information à la demande".

2.5 Justification provoquée de décisions et/ou de choix

Cette technique ressemble beaucoup à la "Verbalisation consécutive assistée par la trace de l'exécution". Elle consiste à faire commenter à un sujet des traces, intermédiaires et finales, de son activité, en se focalisant sur les raisons qui l'ont conduit à considérer - adopter ou rejeter - les différents décisions et choix qui se reflètent dans ces traces. Sous-jacente à la méthode est la même idée que celle qui sous-tend la Verbalisation consécutive: les traces de l'activité permettraient au sujet de "se remettre en situation". Alengry [ALEN88], qui a utilisé cette méthode pour l'étude des connaissances profondes utilisées dans une tâche de conduite de centrale nucléaire, écrit que son "postulat est que les sujets évoquent dans cette situation expérimentale les mêmes connaissances qu'ils utiliseraient en situation de résolution de problème" (p. 173) (mais cf. la Remarque ci-dessous).

Dans une étude sur la programmation d'automates programmables, nous avons demandé à un programmeur de commenter le listing d'un programme, produit récent de son activité [VISS85]. Le

programmeur était prié d'expliquer, à propos de chaque instruction, *pourquoi* et *comment* il l'avait écrite telle qu'elle figurait dans le programme (cf. la méthode des "Entretiens").

L'étude sur la préparation de structures composites a été conduite dans une situation qui ne permettait pas l'utilisation de la méthode d'"Observation en situation"⁸. Elle a alors conduit au développement de diverses formes de la méthode de Justification provoquée. A côté de traces de tâches passées, on a proposé au concepteur:

- des dossiers de conception de différentes versions consécutives d'une même structure.

L'explication par le concepteur des raisons qui ont conduit aux différentes modifications l'amène à expliciter des critères utilisés lors de la préparation.

- des constats d'anomalie. Les "Fiches d'Anomalie" décrivent des problèmes qui se sont posés, et la ou les propositions de solution qui ont suivi. Faire commenter ces fiches par l'expert permet de recueillir une autre catégorie de critères, prenant en compte notamment des facteurs liés à la fabrication des structures. Sous cette forme, la technique s'apparente à l'analyse des dysfonctionnements ou des incidents critiques dans les études ergonomiques [SPER83]. (pour d'autres méthodes utilisées, comme "Confrontation de différents niveaux, et de différents types, d'expertise", cf. [VISS88b])

Remarque. Après la discussion (cf. le §1.4 et, dans le §1.2, la section "Problème") des connaissances (profondes) et leur utilisation en résolution de problème, il doit être clair que les connaissances que l'on récupère peuvent ou peuvent ne pas avoir été utilisées dans la tâche dont proviennent les traces à commenter. Cette méthode donne donc accès à des connaissances profondes qu'un sujet possède, mais ne fournit pas des données concluantes sur leur utilisation.

3. Conclusion

La place centrale accordée dans ce texte aux méthodes qui combinent l'observation de sujets en situation avec la verbalisation provoquée, ne traduit pas l'approche classique en psychologie. La psychologie cognitive cependant a remis en valeur l'observation - que la psychologie scientifique utilisait à ses débuts - en tant que étape permettant de recueillir des données pour formuler des modèles (hypothétiques), mais elle a modifié cette approche. Au lieu de s'observer à soi-même ("introspection") et de faire coïncider les deux étapes de recueil et d'interprétation de données, elle a séparé les deux⁹.

Dans un texte adressé principalement à un public d'informaticiens, nous voulons terminer en soulignant l'importance (ou même la nécessité) d'un certain nombre de points développés dans ce texte:

- l'utilisation d'une définition du concept "problème" dans des études sur des tâches dites de "résolution de problème";
- les distinctions entre, d'une part, connaissances qu'une personne détient et connaissances qu'elle utilise et, d'autre part, connaissances de surface et connaissances profondes et les relations entre les membres de ces couples;

⁸ Notamment pour des raisons d'ordre pratique: l'étude était conduite sur un contrat qui devait conduire à "sauver" l'expertise d'un préparateur expert sur le point de partir à la retraite [FALZ89, VISS88b].

⁹ Il y a, depuis les années '20, déjà quelques études ayant cette approche (cf. [ERIC84]).

- la "mise en situation" pour l'étude de l'activité (notamment pour l'étude de l'utilisation des connaissances dans l'activité);
- le recueil, en tant qu'observables, des pensées qui traversent la tête du sujet, non pas de commentaires ou explications à propos de ces pensées.

4. Bibliographie

- [ALEN88] Alengry, P. Connaissances profondes et connaissances de surface dans la modélisation du raisonnement. Psychologie Française, N° Spécial "Psychologie de l'Expertise", 1988, 33, 171-176.
- [ANDE86] Anderson, J. R. Knowledge compilation: the general learning mechanism. In R. S. Michalski, J. G. Carbonell & T. M. Mitchell (Eds.), Machine learning. An artificial intelligence approach (Vol. II). Los Altos, Calif.: Morgan Kaufmann Publishers, 1986.
- [BISS75] Bisseret, A. Un schéma de recherche sur les communications homme-machine. Communication présentée au Séminaire de Recherche IRIA "L'informatique d'organisation et les systèmes d'information et de décision (INFORSID)", Aix-en-Provence, 10-11 avril 1975.
- [BISS86] Bisseret, A. Psychologie pour la conception ergonomique de l'assistance informatique. Dans "Cours et Séminaires" "Les nouveaux outils du spécialiste de l'information". Rocquencourt: INRIA, 1986.
- [BISS88] Bisseret, A., Figeac-Létang, C., & Falzon, P. Modélisation de raisonnements opportunistes: l'activité des spécialistes de régulation des carrefours à feux. Psychologie Française, N° Spécial "Psychologie de l'Expertise", 1988, 33, 161-169.
- [BONN89] Bonnardel, N. L'évaluation de solutions dans la résolution de problèmes de conception (Rapport de Recherche N° 1072). Rocquencourt: INRIA, 1989.
- [BREU87] Breuker, J., & Wielinga, B. Use of models in the interpretation of verbal data. In [KIDD87]
- [CAHO88] Cahour, B. Les dialogues de consultation: vers un modèle pour évaluer la compétence de l'interlocuteur (Rapport de Recherche N° 931). Rocquencourt: INRIA, 1988.
- [CAVE88a] Caverni, J.-P. La verbalisation comme source d'observables pour l'étude du fonctionnement cognitif. Dans [CAVE88b]
- [CAVE89] Caverni, J.-P. Les protocoles verbaux. Dans C. Bastien & J.-P. Caverni (Eds.), Psychologie cognitive. Grenoble: PUG, 1989.
- [CAVE88b] Caverni, J.-P., Bastien, C., Mendelsohn, P., & Tiberghien, G. (Eds.), Psychologie cognitive: modèles et méthodes. Grenoble: PUG, 1988.
- [CHAN83] Chandrasekaran, B., & Mittal, S. Deep versus compiled knowledge approaches to diagnostic problem-solving. International Journal of Man-Machine Studies, 1983, 19, 425-436.
- [CLAN85] Clancey, W. Heuristic classification. Artificial Intelligence, 1985, 27, 289-350.
- [CLAP34] Claparède, E. Genèse d'hypothèses. Archives de Psychologie, 1934, 24, 1-155.
- [DARS90] Darses, F. Gestion de contraintes au cours de la résolution d'un problème de conception de réseaux informatiques (Rapport de Recherche). Rocquencourt: INRIA, à paraître.
- [DEJO89] DeJong, G. The role of explanation in analogy; or, The curse of an alluring name. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), Similarity and analogical reasoning. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

- [DETI84] Détienne, F. Analyse exploratoire de l'activité de compréhension des programmes informatiques. Proceedings du Séminaire AFCET "Approches quantitatives en génie logiciel", Sophia-Antipolis (France), 7-8 Juin 1984.
- [DETI88] Détienne, F. Une application de la théorie des schémas à la compréhension de programmes. Le Travail Humain, 1988, 51, 335-350.
- [DETI90] Détienne, F. Un exemple d'évaluation ergonomique d'un système de programmation orientée-objet, le système O2, à paraître.
- [EAST69] Eastman, C.M. Cognitive processes and ill-defined problems: a case study from design. In D. E. Walker & L. M. Norton (Eds.), Proceedings of the First Joint International Conference on Artificial Intelligence. Bedford, Mass.: MITRE, 1969.
- [ERIC84] Ericsson, K. A., & Simon, H. A. Protocol analysis. Verbal reports as data. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1984.
- [EVAN88] Evans, J. ST B. T. The knowledge elicitation problem: a psychological perspective. Behaviour and Information Technology, 1988, 7, 111-130.
- [FALZ87] Falzon, P. Les dialogues de diagnostic: l'évaluation des connaissances de l'interlocuteur (Rapport de Recherche N° 747). Rocquencourt: INRIA, 1987.
- [FALZ89] Falzon, P., & Visser, W. Variations in expertise: implications for the design of assistance systems. In G. Salvendy & M. Smith (Eds.), Designing and using human-computer interfaces and knowledge based systems. Amsterdam: Elsevier, 1989.
- [GENT83] Gentner, D., & Stevens, A.L. (Eds.), Mental Models. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1983.
- [GRAE78] Graesser, A.C. How to catch a fish: The memory and representation of common procedures. Discourse Processes, 1978 1, 72-89.
- [HOC84] Hoc, J. M. La verbalisation provoquée pour l'étude du fonctionnement cognitif. Psychologie française, 1984, 29, 231-234.
- [HOC87] Hoc, J.M. Psychologie cognitive de la planification. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble, 1987.
- [HOC83] Hoc, J. M., & Leplat, J. Evaluation of different modalities of verbalization in a sorting task. International Journal of Man-Machine Studies, 1983, 18, 283-306.
- [KELL55] Kelly, G.A. The psychology of personal constructs. New York: Norton, 1955.
- [KIDD87] Kidd, A.L. (Ed.). Knowledge acquisition for expert systems. A practical handbook. New York: Plenum, 1987.
- [LEPL65] Leplat, J., & Bisseret, A. Analyse des processus de traitement de l'information chez le contrôleur de la navigation aérienne. Bulletin du C.E.R.P., 1965, 14, 51-67.
- [MORA87] Morais, A., & Visser, W. Programmation d'automates industriels: adaptation par des débutants d'une méthode de spécification de procédures automatisées. Psychologie Française, N° Spécial "Les langages informatiques dans l'enseignement", 1987, 32, 253-259. Aussi accessible à <http://hal.inria.fr/hal-00641333/fr/>
- [NEWE63] Newell, A., & Simon, H. A. Computers in psychology. In R. D. Luce, R. R. Bush & E. Galanter (Eds.), Handbook of mathematical psychology. New-York: Wiley, 1963.
- [NEWE72] Newell, A., & Simon, H. A. Human problem solving. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1972.

- [RASM83] Rasmussen, J. Skills, rules, and knowledge. Signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1983, SMC13, 257-266.
- [RICH90] Richard, J.-F. Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions. Paris: Armand Colin, 1990.
- [RIMO63] Rimoldi, H. Processus de décision et fonctions mentales complexes. Revue de Psychologie Appliquée, 1963, 13, 65-82.
- [SEBI87] Sebillotte, S. La conception de scénarios interactifs: Analyse de l'activité. Le Travail Humain, 1987, 50, 319-334.
- [SEBI88] Sebillotte, S. Les schémas d'action dans des activités professionnelles. Utilisation et construction de nouveaux schémas dans des tâches administratives (Rapport de recherche N° 918). Rocquencourt: INRIA, 1988.
- [SHAW87] Shaw, M. L. G., & Gaines, B. R. An interactive knowledge-elicitation technique using personal construct technology. In [KIDD87]
- [SIMO73] Simon, H.A. The structure of ill-structured problems. Artificial Intelligence, 1973, 4, 181-201.
- [SPER83] Spérandio, J.C. Ergonomie du travail mental. Paris: Masson, 1983.
- [VISS85] Visser, W. Modélisation de l'activité de programmation de systèmes de commande. Actes du colloque COGNITIVA 85 (Tome 2). Paris: Cesta, 1985.
- [VISS87a] Visser, W. Abandon d'un plan hiérarchique dans une activité de conception - Giving up a hierarchical plan in a design activity. Actes du colloque scientifique COGNITIVA 87 (Tome 1). Paris: Cesta, 1987.
- [VISS87b] Visser, W. Strategies in programming programmable controllers: a field study on a professional programmer. In G. Olson, S. Sheppard & E. Soloway (Eds.), Empirical Studies of Programmers: Second Workshop. Norwood, N.J.: Ablex, 1987. Aussi accessible à <http://hal.inria.fr/hal-00641376/en/>
- [VISS88a] Visser, W. L'activité de comparaison de représentations dans la mise au point de programmes. Le Travail Humain, Numéro Spécial "Psychologie ergonomique de la programmation informatique", 1988, 51, 351-362. Aussi accessible à <http://hal.inria.fr/hal-00642568/fr/>
- [VISS89a] Visser, W. The opportunistic use of a plan in a design activity: an empirical study of specification (Rapport de Recherche N° 1035). Rocquencourt: INRIA, 1989. Accessible à <http://hal.inria.fr/inria-00075523/fr/>
- [VISS90a] Visser, W. More or less following a plan during design: opportunistic deviations in specification. International Journal of Man-Machine Studies, Special issue "Empirical Studies of Programmers", 33, 247-278. Aussi accessible à <http://hal.inria.fr/inria-00633544/fr/>
- [VISS89b] Visser, W., & Bonnardel, N. La résolution de problèmes lors de la conception d'une antenne. Analyse de l'activité (Rapport du Projet de Psychologie Ergonomique). Rocquencourt: INRIA, 1989.
- [VISS88b] Visser, W., & Falzon, P. Recueil et analyse de l'expertise dans une activité de conception: questions de méthode. Psychologie Française, N° Spécial "Psychologie de l'Expertise", 1988, 33, 133-138.

- [VISS90b] Visser, W., & Hoc, J.M. Expert software design strategies. In J.M. Hoc, T. Green, R. Samurçay & D. Gilmore (Eds.), Psychology of programming (pp. 235-250). London: Academic Press.
- [VISS88c] Visser, W., & Morais, A. L'utilisation concurrente de différentes méthodes de recueil de données pour l'étude de l'activité de programmation. Psychologie Française, N° Spécial "Psychologie de l'Expertise", 1988, 33, 127-132. Aussi accessible à <http://hal.inria.fr/inria-00634133/fr/>
- [VOSN89] Vosniadou, S., & Ortony, A. (Eds.). Similarity and analogical reasoning. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- [WEST89] Westphal, C. R., & Blanchard, D. R. A compendium of knowledge acquisition references. Sigart Newsletter, 1989, October, n° 110, 33-57.

Annexe. Références générales dans le domaine de l'acquisition des connaissances

- Actes des différents "workshops" sur "knowledge acquisition", européens (EKAW 88 et EKAW 89), ou tenus dans le cadre de AAAI ou IJCAI
- Revue spécialisée: Knowledge Acquisition, dont le premier numéro a été lancé en mars 1989 (éditeurs: Gaines et Boose; maison d'édition: Academic Press)
- Boose et Gaines éditent, depuis 1989, la Knowledge acquisition for knowledge-based systems newsletter* riche en références de publications et de colloques, workshops
- Numéros spéciaux de revues diverses:
 - International Journal of Man-Machine Studies, 1987, 26 (1)
 - Psychologie Française, N° spécial sur "Psychologie de l'expertise", 1988, 33 (3)
 - IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, 1989, 19 (3)
 - Machine Learning, 1989, 4
 - Sigart Newsletter, 1989, April, n° 108
 - Sigart Newsletter, 1989, October, n° 110 (dans laquelle Westphal et Blanchard présentent une bibliographie de plus de 700 références)

* Pour la recevoir, il suffit d'en faire la demande en adressant ses coordonnées à l'un des deux éditeurs: john@atc.boeing.com ou gaines@calgary.cdn.